



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

(21) Aktenzeichen:
(22) Anmeldetag:
(43) Offenlegungstag:

P 31 07 674.2
28. 2. 81
18. 9. 82

(71) Anmelder:
M.A.N. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, 8000
München, DE

(72) Erfinder:
Hirt, Dieter, 8900 Augsburg, DE

(55) Recherchenresultat gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG:
DE-AS 12 74 358
DE-OS 27 04 852
DE-Buch: Hesse, Elektrotechnik und Avionik, Verlag
Hesse 3565 Breidenbach, 1977, S.159,160;

(54) **Verfahren zur Bewegungssteuerung mit Laserstrahlen**

Verfahren zur Steuerung der Bewegung von Objekten mit Hilfe von umlaufenden, modulierten Laserstrahlen, die von einem oder mehreren an ortsfesten Bezugspunkten oder am Objekt befindlichen Sendern ausgestrahlt werden. Mit dem Laserstrahl wird der augenblickliche Einfallswinkel und die erwünschte Bewegungsbahn des Objektes übermittelt. Diese Informationen werden zur Bestimmung der Lage des Objektes und zur Berechnung der Kurskorrektur von einem am Objekt befindlichen Empfänger aufgenommen. (31 07 674)

DE 3107674 A1

DE 3107674 A1

28.02.81

3107674

-x-

1 gü/sd

M.A.N. MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NORNBERG
Aktiengesellschaft

5

München, 23. Februar 1981

10

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Steuerung der Bewegung von nicht spurgeführten Objekten mit Hilfe von Laserstrahlen, wobei ein umlaufender, eng fokussierter, intensitätsmodulierter Laserstrahl von mindestens einem an einer bestimmten Stelle befindlichen Sender ausgesandt wird und von einem am Objekt angebrachten Empfänger zur Erfassung des augenblicklichen Einfallswinkels aufgefangen wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (20 bzw. 21) von einem ortsfesten Bezugspunkt aus ausgestrahlt wird, und daß mit dem augenblicklichen Einfallswinkel (α , β) des Laserstrahles und der gleichzeitig über den Laserstrahl empfangenen Information die Lage des Objektes (10) gegenüber einer festen Bezugsachse (17 bzw. 18) des empfangenen Laserstrahles berechnet wird, und daß schließlich mittels eines Steuersystems die Lagekorrektur des Objektes entsprechend den Berechnungen und einem vorprogrammierten Kurs vorgenommen wird.

35

7.2046

- 1 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
 zeichnet, daß die Information über den vor-
 programmierten Kurs des Objektes (10) mit dem
 Laserstrahl (20) übermittelt wird.
5
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
 zeichnet, daß die Information über den vor-
 programmierten Kurs des Objektes (10) mittels
 eines Kurssenders (42) übertragen wird.
10
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
 dadurch gekennzeichnet, daß zwei Sender (20
 und 21) an verschiedenen Stellen vorgesehen
 sind, und daß die zugehörigen Bezugsachsen
15 (17 bzw. 18) senkrecht oder in einem anderen
 definierten Winkel zueinander stehen.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-
 sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die am
20 Objekt (10) empfangenen Informationen durch
 einen am Objekt befindlichen Mikrocomputer
 (38) ausgewertet und dem ebenfalls am Objekt
 befindlichen Steuersystem zugeführt werden.
- 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
 dadurch gekennzeichnet, daß die vom Sender
 (12 bzw. 13) gegebenen Informationen von einem
 Mikrocomputer (29) ausgewertet werden, der
30 auf dem beweglichen Objekt 10 angeordnet ist.

35

7.2046
23.02.1981

- 1 7. Verfahren zur Steuerung der Bewegung von
nicht spurgeführten Objekten mit Hilfe von
Laserstrahlen, wobei ein umlaufender, eng
fokussierter, intensitätsmodulierter Laser-
5 strahl von mindestens einem an einer be-
stimmten Stelle befindlichen Sender ausge-
sandt wird und von einem am Objekt ange-
ordneten Empfänger zur Erfassung des augen-
blicklichen Einfallswinkels aufgefangen wird,
10 dadurch gekennzeichnet, daß ein am Objekt
(51) angebrachter Sender (68) vorgesehen ist,
dessen Laserstrahl (55) auf mindestens einen
in einen Bezugspunkt angeordneten passiven Reflek-
tor (53, 54) auftrifft, und daß der reflek-
15 tierte Laserstrahl vom Empfänger aufge-
nommen und ausgewertet wird, und daß schließ-
lich mittels eines Steuersystems die Lage-
korrektur des Objektes entsprechend der Aus-
wertung und einem vorprogrammierten Kurs vorge-
20 nommen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekenn-
zeichnet, daß beim Auftreffen des vom Objekt
(51) ausgesandten Laserstrahles (55 bzw. 56) am
25 Bezugspunkt die Aussendung eines kurzdauernden
modulierten Laserstrahles (85) vom Bezugspunkt
aus ausgelöst wird, der zur Übertragung ent-
sprechender Informationen an das Objekt dient.
- 30 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aus-
sendung des Laserstrahles (30) in einer hori-
zontalen Ebene (32) und einer vertikalen Ebene
(33) mit kontinuierlich wechselnder Richtung
35 erfolgt.

1 gü/sd

M.A.N. MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NORNBERG
Aktiengesellschaft

5

München, 23. Februar 1981

10 Verfahren zur Bewegungssteuerung mit Laserstrahlen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung der Bewegung von nicht spurgeführten
15 Objekten mit Hilfe von Laserstrahlen, wobei ein umlaufender, eng fokussierter, intensitätsmodulierter Laserstrahl von mindestens einem an einer bestimmten Stelle befindlichen Sender ausgesandt wird und von einem am Objekt befindlichen Empfänger zur Erfassung
20 des augenblicklichen Einfallswinkels aufgefangen wird.

Die Unterbringungen von Leitkabeln für Fahrzeuge, die nach dem elektrischen Feld des Kabels geführt werden, erfolgt durch Verlegung des Leitkabels in den Boden
25 von Werks- bzw. Lagerhallen oder in den Straßen. Bei dem Fräsen der dazu erforderlichen Kanälen hat es sich bisher als schwierig erwiesen, die Kurvenführungen genügend präzise in den Erdboden einzufräsen. Jede Abweichung von einem kontinuierlichen
30 Bahnverlauf führt zu Schlingerbewegungen des dem elektrischen Feld des Leitkabels folgenden Fahrzeugs.

35

7.2046
23.02.1981

- 1 Zur Führung der Kanalfräsmaschine wäre der Einsatz von
bekannten Mikrowellen-Radaranlagen möglich. Doch ist
das Auflösungsvermögen solcher Anlagen, infolge des
Öffnungswinkels der Hauptstrahlungskeule im Antennen-
5 Richtdiagramm sehr begrenzt.

- Es ist ferner seit langem das Prinzip des optischen
Leitstrahles bekannt, das aber erst seit der Verfügbar-
keit des gut gebündelten Laserstrahles seine allgemeine
10 Bedeutung erlangt hat. Aus der DE-PS 12 74 358 ist eine
Leitstrahllenkung mittels Laserstrahlen für Schiffe be-
kannt geworden, bei der mehrere Leitstrahlsender am Ufer
aufgestellt sind, die je einen Lichtstrahlsektor auf-
bauen, dessen Mitte den vorgeschriebenen Fahrweg bestimmt.
15 Der Laserstrahl wird entsprechend der momentanen Winkel-
lage im Leitstrahlsektor mit einer Frequenz moduliert, die
sich beim Überstreichen des Ausleuchtsektors ändert.
Mit einem auf dem Schiff befindlichen Lichtstrahlempfänger
wird dieser Laserstrahl empfangen und in eine Kathoden-
20 strahlröhre weitergeführt, auf deren Bildschirm schließlich
ein Erkennungssignal entsprechend der seitlichen Ablage
des Schiffes von der Leitstrahlmitte angezeigt wird.
Anhand dieser Anzeige wird die Kurskorrektur durch einen
Steuermann vorgenommen.
25

- Bei diesem bekannten Verfahren geht es jedoch darum,
das Objekt zu einem bestimmten Ziel zu lenken und zwar
ungeachtet dessen, welchen Kursverlauf das Objekt bis
zum Ziel einnimmt.
30

- Die Laserstrahl-Steuerung dieser Art ist ferner bei der
Fernführungstechnik von Flugkörpern und auch bei der
Steuerung von Maschinen, wie z.B. für den Straßenbau,
bekannt. Aber auch bei diesen Anwendungen wird durch den
35 Laserstrahl nur eine feste Richtung vorgegeben.

1 Diese bekannten Verfahren sind daher nicht geeignet, ein Objekt, wie z.B. eine Maschine oder ein Fahrzeug, entlang einer kurvigen Bahn mit vorbestimmten Kurs weder auf einer Ebene noch im Raum zu führen.

5

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, daß damit Objekte entlang einer beliebigen 2- oder 3-dimensionalen Bahn präzise geführt werden können.

10

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Laserstrahl in an sich bekannter Weise von einem ortsfesten Bezugspunkt aus ausgestrahlt wird, und daß mit dem augenblicklichen Einfallswinkel des Laserstrahles und
15 der gleichzeitig über den Laserstrahl empfangenen Information die Lage des Objektes gegenüber einer festen Bezugsachse des empfangenen Laserstrahles berechnet wird, und daß schließlich mittels eines Steuersystems die Lagekorrektur des Objektes entsprechend den Berechnungen
20 und einen vorprogrammierten Kurs vorgenommen wird.

Hierdurch ist es möglich, ein beispielsweise durch seine Hauptachse definiertes Objekt nach einem beliebigen vorbestimmten Kurs mit ausreichender Präzision zu
25 führen. Dabei kann es sich sowohl um einen 2-dimensionale als auch 3-dimensionale Bahn handeln, wobei im letzteren Fall der ausgesandte Laserstrahl sich nicht nur um eine Achse dreht, sondern den Raum durchstreicht. Ausgehend von einem bestimmten Startwinkel des Objektes aus
30 werden durch laufende Messungen des zurückgelegten Weges und Berechnungen des Kurswinkels die jeweilige Position des Objektes berechnet und mit dem Sollwert des programmierten Kurses, mittels beispielsweise eines Computers, verglichen, der dann die entsprechenden Stellsignale dem
35 Steuersystem abgibt. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn

7.2046

23.02.1981

- 1 alle notwendigen Informationen über einen stationären Sender ausgestrahlt werden, um damit Programm- oder anderweitige Änderungen leicht vornehmen zu können.
- 5 Gemäß einer Ausführung der Erfindung wird die Kursinformation neben dem Laserstrahl von einem Kurssender ausgestrahlt. Das hat den Vorteil, daß die Laserstrahl- und Kurssignal-Impulse simultan ausgestrahlt werden können.
- 10 Die Information über den vorprogrammierten Kurs kann aber auch über den Laserstrahl ausgesandt werden, wodurch der Kurssender eingespart werden kann. In diesem Fall werden die Informationen über die Winkelstellung und den Kurs-Sollwert nacheinander ausgesandt.
- 15 Für Fälle, bei denen die Anbringung von Steuergeräten und Mikrocomputern direkt am Objekt kein Problem darstellt, kann die auszuführende Bahnbewegung auch unmittelbar am Objekt in einem dort vorhandenen Rechner einprogrammiert werden. In diesem Fall kann im
- 20 ortsfesten Bezugspunkt lediglich ein Laserstrahlsender vorgesehen werden, der einen winkelabhängig modulierten Laserstrahl aussendet, über den nur eine Winkelinformation übertragen wird.
- 25 Die eingangs erwähnte Aufgabe kann erfindungsgemäß auch dadurch gelöst werden, daß ein am Objekt angebrachter Sender vorgesehen ist, dessen Laserstrahl auf mindestens einen in einem Bezugspunkt angeordneten passiven Reflektor
- 30 auftrifft, und daß der reflektierte Laserstrahl von einem am zu steuernden Objekt angebrachten Empfänger aufgenommen und ausgewertet wird, und daß schließlich mittels eines Steuersystems die Lagekorrektur des Objektes entsprechend der Auswertung und einem vorprogram-
- 35 mierten Kurs vorgenommen wird.

- 1 Bei dieser Lösung ist nur ein einziger Laserstrahl-
sender erforderlich, während an den verschiedenen Bezugs-
punkten lediglich passive Reflektoren angebracht sind.
Sender und Empfänger lassen sich in diesem Fall in
5 eine Baueinheit zusammenfassen.

Bei Bedarf kann im Falle dieser zweiten Lösung auch
die Kursinformation vom ortsfesten Bezugspunkt aus
übermittelt werden, indem beim Auftreffen des vom Ob-
10 jekt ausgesandten Laserstrahles am Bezugspunkt die Aus-
sendung eines kurzdauernden modulierten Laserstrahles
vom Bezugspunkt aus veranlaßt oder ein Kurssender ange-
steuert wird.

- 15 Die erfindungsgemäßen Verfahren eignen sich sowohl
zur Fernführung von Werkzeugmaschinen, wie Kanalfräs-
maschinen als auch zur direkten Steuerung der Bewegung
von Fahrzeugen. Weitere Anwendungsbereiche sind die
direkte Steuerung von bestimmten freibeweglichen Ein-
20 richtungen zum automatischen Vermessen, Aufzeichnen,
Anreißen und Herstellen von großflächigen Formen usw.

Die Erfindung wird anhand von in der Zeichnung schematisch
dargestellten Ausführungsbeispielen im folgenden näher
25 beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel und

- 30 Fig. 2 und 3 je eine zu Fig. 1 zugehörige Schaltan-
ordnungen,

Fig. 4 und 5 zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel
mit der entsprechenden Schaltanordnung und

- 35 Fig. 6 stellt ein räumliches Strahlenfeld dar.

1 Gemäß Fig. 1 wird ein fahrbares Objekt 10 mit der
Längsachse 11 mit zwei ortsfesten Strahlensendern
12 und 13 entsprechend einem gestrichelt dargestellten
Kurses K gesteuert. Die Positionierung des Objektes 10
5 erfolgt gegenüber Bezugsachsen 17 und 18, die jeweils
dem Sender 12 bzw. 13 zugeordnet sind und senkrecht
zueinander stehen.

10 Zur Steuerung des Objektes 10 können ausschließlich Laser-
strahlen 20 und 21 aussendende Sender 12 und 13 vorge-
sehen werden. Ein Aufbau eines derartigen Senders und
eines dazugehörigen, am Objekt 10 befindlichen Empfängers
ist in Fig. 2 dargestellt.

15 Auf der linken Zeichnungsseite ist die Blockschaltung
der Sender 12 bzw. 13 dargestellt. Sie besteht aus einem
Laserstrahlsender 25, einem Modulator 26 und einer
entsprechenden herkömmlichen Optik 27, sowie aus einem
Winkelkodierer 28 und einem Mikrocomputer 29. Der augen-
20 blickliche Einfallswinkel α bzw. β des Laserstrahles 20
bzw. 21 wird vom Winkelkodierer 28 erfaßt und an den
Mikrocomputer 29 weitergegeben. Im Mikrocomputer 29 ist
außerdem der vorprogrammierte Kurs K eingespeichert. Der
vom Sender 25 ausgesandte Laserstrahl wird entsprechend
25 der vom Computer 29 erhaltenen Information über den Sende-
winkel und den Kurs moduliert und über die Optik 27
ausgestrahlt. Der Laserstrahl 20 bzw. 21 durchstreift
eine Ebene, wenn das Objekt 10 auf einer Ebene, bewegt
wird. Für diesen Fall rotieren die Sender 12 und 13
30 jeweils um parallel zueinanderliegenden Achsen, die gemäß
dem Beispiel in Fig. 1 senkrecht zum Zeichnungsblatt
stehen.

35

- 1 Bei einer Führung des Objektes 10 in 3-Dimensionen wird ein umlaufendes, räumliches Strahlenfeld ausgesandt, wie es in Fig. 6 dargestellt ist. Der Sender 30 dreht sich dabei um zwei Achsen X und Z. In diesem Fall
- 5 registriert der Kodierer 28 die Winkel α und δ , die den Einfallswinkel des Laserstrahles 30 in bezug auf eine Bezugsachse 31 und einer Bezugsebene 32 bestimmt.

- In beiden Fällen wird der Sender schrittweise bewegt
- 10 und in jeder Ruhestellung wird ein kurzdauernder, entsprechend den Informationen modulierter Laserstrahl ausgesandt. Dieser Laserstrahl wird schließlich vom Empfänger aufgenommen und verarbeitet, der wie folgt aufgebaut ist. Die über eine Optik 35 empfangenen
- 15 Strahlen werden mittels eines Fotomultipliers 36 verstärkt und zur Aufnahme der übermittelten Information einem Nachrichtendecoder 37 zugeführt. Die so erhaltene Information über die Lage und den Kurs des Objektes 10 wird dann in einen Mikrocomputer 38 in Verbindung mit
- 20 der von einem Istwert-Codierer 39 empfangenen Kurs-Istwert zu einem Steuersignal verarbeitet, das einem Kurssteuergerät 40 zugeführt wird. Mit dem Kurssteuergerät wird schließlich die Lagekorrektor des Objektes 10 entsprechend den Berechnungen automatisch durchgeführt.
- 25

- Die Steuerung des Objektes 10 kann auch in der Weise durchgeführt werden, daß die Lageinformation über den Laserstrahl ausgestrahlt wird, während der Kurs getrennt über drahtlose Hochfrequenz-Übertragung erfolgt. Hierzu
- 30 wird, wie in Fig. 3 dargestellt ist, über den Computer 29' an den Modulator 26 lediglich die Information vom Winkelcodierer 28 weitergegeben. Die Information über den Kurs wird dagegen einem Kurssender 42 weitergeführt. Bei diesem Verfahren können die in getrennten Kanälen ausge-
- 35

1 strahlten Informationen gleichzeitig ausgesandt werden.
Der Laserstrahl 20' wird von einem Empfänger, wie im
Beispiel aus Fig. 2, aufgenommen und diesesmal zur
Bestimmung der Lage des Objektes verarbeitet. Der Kurs
5 wird dagegen von einem Kursempfänger 45 und in einem
Codierer 46 zum augenblicklichen Kurs-Sollwert ver-
arbeitet. Der vom Codierer 39 erhaltene Kurs-Istwert
wird im Mikrocomputer 38 mit diesem Kurs-Sollwert ver-
glichen und zu einem entsprechenden Stellsignal ver-
10 arbeitet und dem Kurssteuergerät 40 zur Lagekorrektur
zugeführt.

Selbstverständlich ist es auch möglich, das Objekt mit
nur einem oder mit mehr als zwei Sendern zu steuern.
15

In Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel gestellt, bei
dem ein Sende-Empfänger-System 50 im Objekt 51 ange-
ordnet ist, dessen Lage durch seine Längsachse 52
definiert wird. An ortsfesten Bezugspunkten befinden
20 sich zwei passive Reflektoren 53 und 54, die die vom
Objekt aus ausgesandten Strahlen 55 bzw. 56 jeweils
empfangen und zurückreflektieren. Das Sende-Empfänger-
System 50, das in Fig. 5 näher dargestellt ist, besteht
im wesentlichen aus einem um eine Achse 60 rotierenden
25 Sender-Empfängerkopf 61, einem Steuersystem 62 und
einem Antriebssystem 63. Die Verbindung dieser drei
Systeme 61 bis 63 erfolgt über einen Mehrfachübertrager
64, der sowohl den Netzstrom aus einer Quelle 65, das
Antriebsmoment von einem Antrieb 66 auf den Kopfteil 61
30 als auch Signale zwischen den Systemen 61 und 62 über-
trägt.

35

7.2046
23.02.1981

1 Die von einem Laserstrahlsender 68 ausgestrahlten und
von den Reflektoren 53 bzw. 54 zurückreflektierten Strahlen
55 werden mittels eines halbdurchlässigen Spiegels 69
auf einen Fotomultiplier gelenkt. Mittels eines Kompa-
5 rators 70 wird anhand dieses verstärkten Strahles und
der augenblicklichen Winkelstellung des Systemes 50
gegenüber der Längsachse 52 des Objektes 51 die Position
des Objektes 51 bestimmt und über den Mehrfachübertrager
64 einem Mikrocomputer 71 weitergeleitet. Die augen-
10 blickliche Winkellage des Laserstrahles 55 wird mittels
eines in der Drehachse 60 befindlichen Winkelcodierers
72 erfaßt und über den Mikrocomputer 71, den Übertrager 64
und einem Steuergerät 73 dem Laserstrahlsender 68 über-
mittelt. Gleichzeitig meldet der Komparator 70 bei Total-
15 reflexion des Laserstrahles 55, nach Verstärkung im Foto-
multiplier 74, die augenblickliche Übereinstimmung mit
der Position an den Mikrocomputer 71. Aus der Information
der Objektposition wird schließlich über den Mikrocom-
puter 71 in Verbindung mit den vorprogrammierten Kurs
20 und dem Kurs-Istwert zu einem Sollwert verarbeitet, womit
schließlich ein Kurssteuergerät 76 angesteuert wird.

Die mit dem Winkelkodierer 72 gemessene Winkel-
stellung wird mittels dem Computer 71 gleichzeitig
25 zur Steuerung des schrittweisen Antriebes für das
rotierende System sowie für eine koordinierte Steue-
rung der Laserstrahl-Sendeimpulse genutzt. Für den ersten
Fall ist ein Antriebs-Steuergerät 80 vorgesehen, das auf-
grund von aus dem Mikrocomputer kommenden Befehlen den
30 Antrieb 66 schrittweise bewegt. In den Stillstandsphasen
wird das Steuergerät 73 und damit der Laserstrahl-Sender
68 angesteuert.

35

7.2046
23.02.1981

- 1 Bei dieser Ausführung kann am ortsfesten Bezugspunkt
zusätzlich zu den Reflektoren 53 und 54 ein Sender
84 vorgesehen werden, der gewünschte Informationen 85,
wie z.B. den Kurs, an das Objekt aussendet. Dieser Sender
5 84 wird durch die an einem Reflektor 54 auftreffende
Strahlung 56 angesteuert.

10

15

20

25

30

35

7.2046
23.02.1981

14.
Leerséite

Nummer:
 Int. Cl.³:
 Anmeldetag:
 Offenlegungstag:

3107674
 G05D 1/02
 28. Februar 1981
 16. September 1982

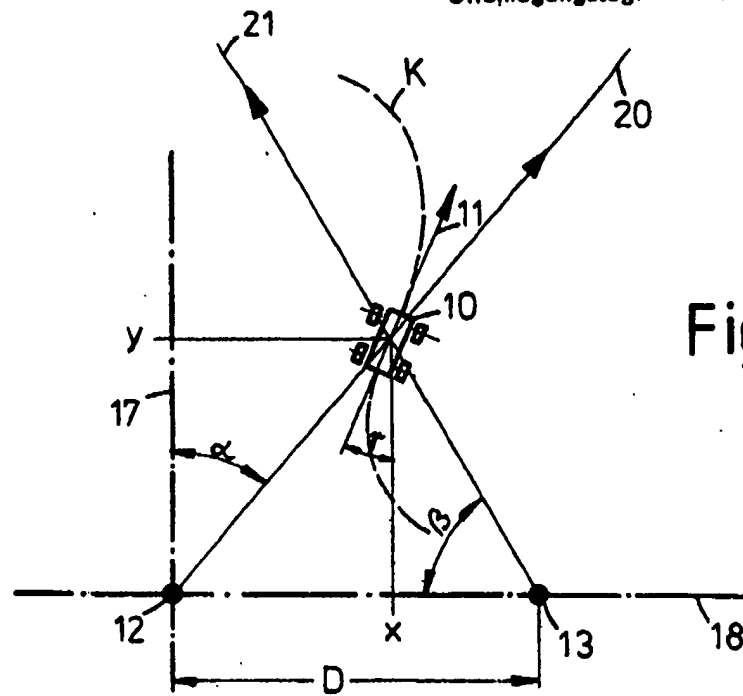


Fig. 1

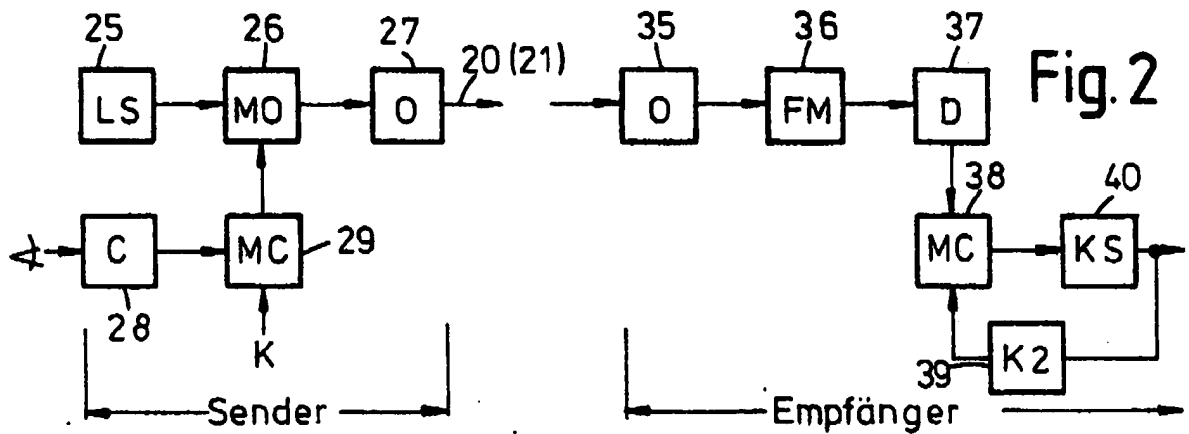


Fig. 2

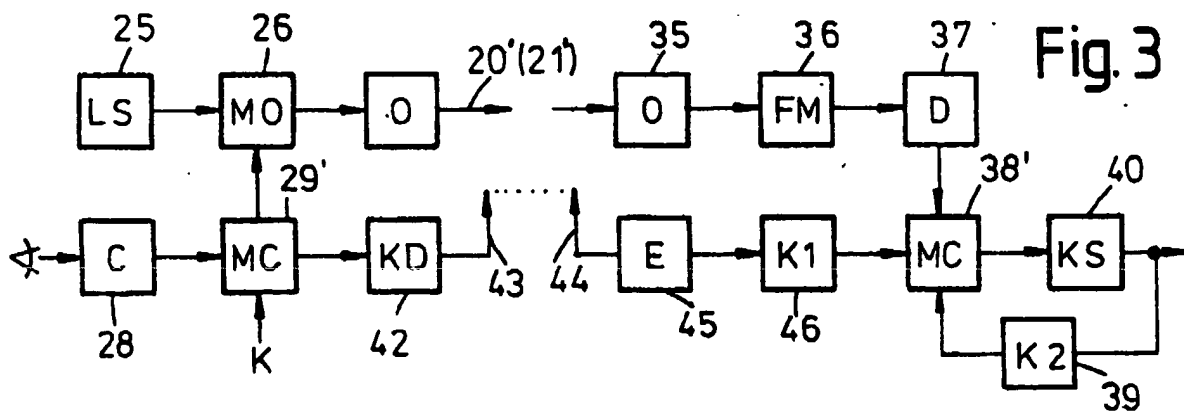


Fig. 3

16.

Fig.6

